



**Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA
Curso de Engenharia de Energia**

**SISTEMA DE ENERGIA SOLAR PARA
PISCICULTURA - TO**

**Autor: Ingryd Luise Marinho de Sousa
Orientador: Dr^a. Josiane do S. Aguiar de Souza**

**Brasília, DF
2017**



INGRYD LUISE MARINHO DE SOUSA

SISTEMA DE ENERGIA SOLAR PARA PSICULTURA-TO

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia de Energia da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia.

Orientadora: Prof. Dr^a Josiane do Socorro Aguiar de Souza

Coorientador: Prof. Dr^a Paula Soares Meyer

**Brasília, DF
2017**

CIP – Catalogação Internacional da Publicação*

Sousa, Ingryd Luise Marinho.

Sistema de Energia Solar para Piscicultura - TO / Ingryd Luise Marinho de Sousa. Brasília: UnB, 2016. p. 52 : il. ; 29,5 cm.

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília
Faculdade do Gama, Brasília, 2016. Orientação: Josiane do
Socorro Aguiar de Souza.

1.energia. 2. Energia fotovoltaica. 3. Piscicultura
Souza, Josiane. II. Doutora.

CDU Classificação



SISTEMA DE ENERGIA SOLAR PARA PSICULTURA-TO

Ingryd Luise Marinho de Sousa

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia da Faculdade UnB Gama - FGA, da Universidade de Brasília, em /06/2017 apresentada e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:

Prof. Dr^a.: Josiane do Socorro Aguiar de Souza, UnB/ FGA
Orientador

Prof. Dr.: Paula Meyer, UnB/ FGA
Coorientador

Prof. Dr.:, UnB/ FGA
Membro Convidado

Prof. Dr.:, UnB/ FGA
Membro Convidado

Brasília, DF
2017

Dedico o presente trabalho a meus familiares que jamais censuraram meu potencial, acreditando sem sombra de dúvidas no meu sucesso e crescimento pessoal.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois nos momentos de sufoco e dificuldade, me agraciou com saúde e força para não desistir nas primeiras limitações. A ter me dado coragem quando o vigor parecia não estar em mim, a ter me dado a fortaleza no fim da tão dura e longa jornada.

Agradeço a minha mãe, Ana Cristina, o cuidado, o amor, a atenção e sem sombra de dúvidas, a paciência que teve comigo nesses seis anos de faculdade. Aos seus conselhos, e palavras de conforto que muitas vezes me tiraram do desespero constante. Às suas orações contínuas e milagrosas que me livraram da zona do sufoco várias vezes.

À minha irmã, Margreicy Luise, a qual muitas vezes deixou de ser apenas minha irmã, e exerceu o papel de mãe para comigo. Agradeço pelos conselhos, puxões de orelha, cuidado, e principalmente ao seu zelo com a minha saúde. Seu companheirismo foi fundamental para o meu sucesso.

Aos meus avós Risolêda e Clorisval, meus grandes patrocinadores e incentivadores educacionais. Principalmente ao meu avô, meu maior incentivador. A eles agradeço a confiança, o cuidado e o amor para comigo.

Aos meus tios, madrinhas, primos e afilhada pelo apoio incondicional, pela confiança em mim depositada, pelo carinho e pelas diversas formas de amor.

Ao meu pai, meu grande amigo, o qual recorri nos bons e maus momentos. Sei que de onde ele estiver, deve estar orgulhoso com meu sucesso.

É difícil agradecer a todas as pessoas que me incentivaram, e me apoiaram nessa longa jornada. Foram muitos conselhos, ensinamentos, choros e risadas. Aos meus amigos de infância, de escola e aos mais recentes, mas não menos importantes, amigos de faculdade, deixo meu agradecimento, pois do que seriam nossos dias, noites e até mesmo madrugadas sem o apoio e companheirismo dos mesmos?

Aos bons professores, os quais eu tive o prazer de conhecer, e aprender ensinamentos que levarei para a vida. A professora Josiane do Socorro, por acreditar no meu potencial, não desistir da minha pessoa, e exigir sempre o meu melhor.

“A persistência é o menor caminho do êxito.”

Charles Chaplin.

RESUMO

A energia é um elemento essencial para a humanidade. Por este motivo, o cenário mundial, em destaque o Brasil, busca aperfeiçoar técnicas já existentes, porém pouco exploradas, para a redução de impactos ambientais. A energia gerada a partir da incidência de raios solares como a energia fotovoltaica, é uma energia limpa e renovável, originada da fonte mais abundante e disponível no planeta. Dentre os países o Brasil é um país privilegiado em incidência de raios solares. O objetivo principal do presente trabalho é propor um modelo de sistema de geração, distribuição e uso de energia solar para o auto consumo produtivo, na chácara Três Irmãos no município de Tocantinópolis-TO. A metodologia se fundamentou no potencial solar existente na região, na identificação e na caracterização de tecnologias disponíveis no mercado, na demanda energética e por fim, na proposição de um sistema de energia solar.

Palavras-chave: Energia. Energia Solar. Fotovoltaico. Geração. Distribuição. Consumo Produtivo.

ABSTRACT

It is understood that energy is an essential element for humanity, the world scenario Brazil, seeks to improve existing techniques, but less explored, to reduce environmental. The energy generated from the incidence of sunrays as the photovoltaics, it is a cleand and rewable energy, originated from the most abundant source available on the planet. Among the countries, Brazil is a privileged country is the incidence of sunrays. The main objective of this work is to propose a model of a system generation, distribution and use of energy for self-consumption in the farm “Três irmãos”, which is located in the city region, on the identification and Tocantins. The methodology was based on the solar potencial of the region, on the identification and characterization of available technologies in the markt, the energy demand, and finally the proposal of a solar energy system.

Keywords: Energy; Solar energy; Photovoltaic; Generation; Distribution; Productive consumption.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1. Matriz Energética Brasileira. | 14 |
| Figura 2. Radiação Solar Anual por Regiões no Brasil | 16 |
| Figura 3. Mapa da região em estudo..... | 17 |
| Figura 4. Funcionamento de um Sistema Fotovoltaico integrado à rede..... | 20 |
| Figura 5. Painei Fotovoltaico. | 21 |
| Figura 6. Inversor..... | 22 |
| Figura 7. Medidor..... | 23 |
| Figura 8. Painei Fotovoltaico Monocristalino..... | 25 |
| Figura 9. Painei Fotovoltaico Policristalino | 26 |
| Figura 10. Chácara Três Irmãos | 28 |
| Figura 11. Divisão dos gastos com atividade produtiva. | 29 |
| Figura 12. Vista Lateral da Chácara projetada no SketchUp. | 30 |
| Figura 13. Vista Superior da Chácara projetada no SketchUp. | 30 |
| Figura 14. Conta de Luz da Residência..... | 32 |
| Figura 15. Gráfico de irradiação solar no plano inclinado, em relação aos meses | 34 |
| Figura 16. Payback do Investimento..... | 45 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Dimensionamento dos tanques de peixes | 31 |
| Tabela 2. Irradiância solar média diária | 33 |
| Tabela 3. Comparação dos tipos de painéis a serem utilizados..... | 35 |
| Tabela 4. Resultados | 38 |
| Tabela 5. Energia mensal produzida por um módulo e pelo sistema | 40 |
| Tabela 6. Investimento Inicial do projeto | 43 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| ABSTRACT..... | 10 |
| LISTA DE ILUSTRAÇÕES | 11 |
| SUMÁRIO | 13 |
| 1. INTRODUÇÃO | 14 |
| 1.1. OBJETIVOS..... | 16 |
| 1.1.1. Objetivo Geral..... | 16 |
| 1.1.2. Objetivos Específicos..... | 17 |
| 1.2. METODOLOGIA | 17 |
| 1.3. SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE ELÉTRICA (SFCR) | 19 |
| 1.3.1 Componentes do sistema fotovoltaico..... | 20 |
| 1.4. MÓDULO FOTOVOLTÁICO | 23 |
| 1.5. EFICIÊNCIA DOS MÓDULOS FOTOVOLTÁICOS..... | 23 |
| 1.6. TIPOS DE PAINÉIS..... | 24 |
| 1.6.1 Pannel solar de Silício (Si) monocristalino | 24 |
| 1.6.2. Pannel solar de Silício (Si) policristalino..... | 26 |
| 2. PROPOSIÇÃO DO SISTEMA DE ENERGIA SOLAR | 27 |
| 2.1. CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA..... | 27 |
| 2.2. DEMANDA ENERGÉTICA DA CHÁCARA | 31 |
| 2.3.1. Dimensionamento dos painéis | 33 |
| 2.3.2. Escolha do Pannel Fotovoltaico a ser utilizado | 34 |
| 2.3.3. Regulamentação que rege instalação de Sistemas Fotovoltaicos. | 35 |
| 2.3.4. Estimativa de geração do sistema de energia solar | 36 |
| 2.3.5. Dimensionamento dos Equipamentos..... | 38 |
| 2.3.5.1. Dimensionamento dos Inversores | 40 |
| 3. ANÁLISE FINANCEIRA DO SISTEMA PROPOSTO | 43 |
| 3.1. ANÁLISE DO VALOR DA ENERGIA FOTOVOLTAICA A SER INSTALADA..... | 43 |
| 3.2. INDICADORES PARA ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA | 44 |
| 3.2.1. Payback | 44 |
| 3.2.2. Valor Presente Líquido para o Sistema Fotovoltaico (VPL) | 44 |
| 4. CONCLUSÃO | 46 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 47 |

1. INTRODUÇÃO

Compreende-se que a energia é um elemento essencial para o crescimento e desenvolvimento da sociedade e cada dia que passa o ser humano se torna mais dependente de tal. Nos primórdios da humanidade o indivíduo dependia de maneira exacerbada da sua força bruta para exercer atividades como a caça, a pesca, o transporte, entre outras. Desde a revolução Industrial, a energia influencia de forma direta no bem-estar dos seres humanos, e na disputa econômica (TOLMASQUIM, GUERREIRO, & GORINI, 2007). No decorrer da história, a utilização e transformação da energia tiveram maiores proporções, adaptaram então seus serviços a máquinas movidas por estas fontes, o que ocasionou uma dependência de seu uso em diversas áreas da sociedade mundialmente (SEKIGUCHI, 2014).

De acordo com os dados do Balanço Energético Brasileiro, mais de 45,8% da Matriz energética Brasileira é renovável (BERMANN, 2008), destes a maior parte é proveniente de hidroelétricas, isso está encadeado com uma série de preocupações, devido ao esgotamento dos reservatórios (BIGGI, 2013). A Figura 1 representa a divisão gráfica da atual matriz energética.

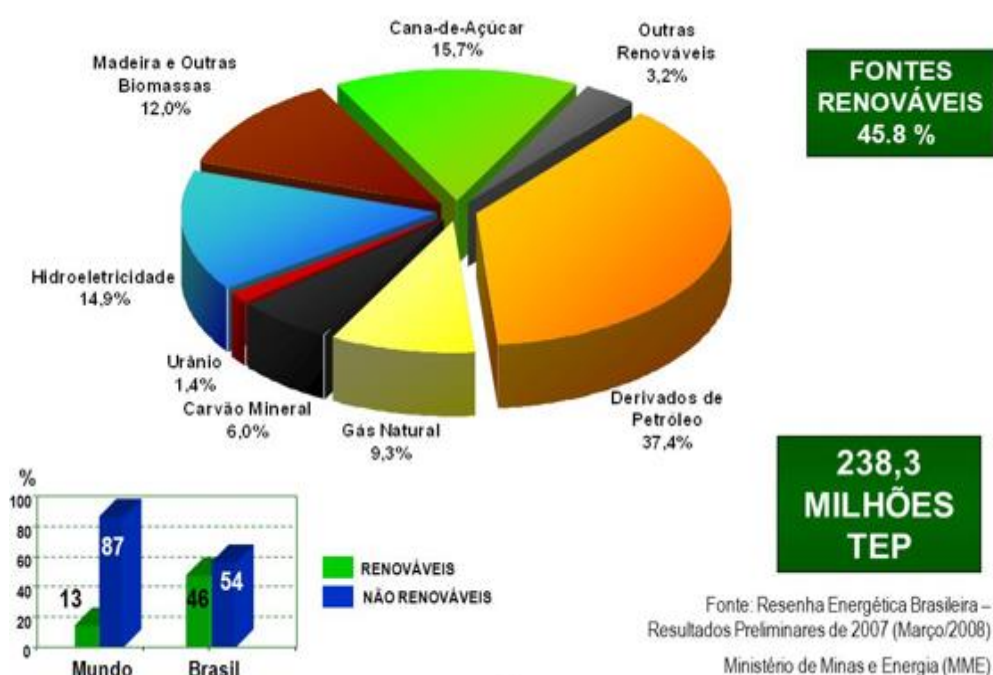


Figura 1. Matriz Energética Brasileira.
Fonte: (MOURA, 2013)

A energia gerada a partir de usinas hidrelétricas, popularmente conhecida como hidráulica ou hídrica, ainda é a principal fonte de geração de eletricidade no país. Embora não se provoque emissões de poluentes durante a geração de energia, as mesmas geram impactos ambientais e sociais em todas as suas fases, de implementação, operação. Salienta-se que o Brasil, por possuir características geográficas, físicas e alta disponibilidade de patrimônios hídricos, é considerado o terceiro maior potencial hídrico do mundo (QUEIROZ, et al., 2013).

Nos últimos anos o consumo relativo à eletricidade cresceu exponencialmente. A despeito da matriz energética ser composta em sua grande maioria por combustíveis fósseis, sendo sua maior parte composta por petróleo, representando 37,4%. O Brasil tende a reduzir em grande parte tal dependência nos próximos anos. A atuação das fontes renováveis de energia na atual matriz energética é considerável, representando 45,8% (LUCON & UHLIG, 2004).

Diante do cenário de escassez das fontes de energia não renovável, como por exemplo, gás, petróleo e as provenientes de usinas hidrelétricas, iniciou-se uma procura por fontes alternativas de energias limpas e renováveis, principalmente em países em desenvolvimento para suprir a necessidade da matriz energética mundialmente (BIGGI, 2013).

Uma das alternativas energéticas mais promitentes para o século XXI é o aproveitamento da energia produzida pelo sol. Além dela ser uma fonte disponível a longo prazo, é limpa e gratuita, ou seja, ótima fonte, além de proporcionar fonte luminosa e de eletricidade (CORRÊA, 2013). De acordo com dados da ANEEL, quase todas as fontes de energia, são formas diretas e indiretas de energia solar, como por exemplo, a biomassa, eólica, energia de oceanos, entre outras (BIGGI, 2013).

O Brasil é privilegiado por ser um dos poucos países no mundo que recebe altos índices de radiação solar durante os doze meses do ano, isso se relaciona diretamente por estar em posição de destaque em relação a linha do equador. Por este motivo é evidenciado em estudos um elevado nível médio diário de radiação solar, atingindo mais de 5kWh/m² durante o dia. A radiação solar na região menos ensolarada do país é 40% maior do que na região mais ensolarada da Alemanha, por exemplo, que é um dos líderes no uso da energia fotovoltaica (CASARO & MARTINS, 2010).

Dados da Sociedade Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação, e aquecimento demonstram que no território brasileiro, apenas 0,6% das residências

possuem sistema de geração de energia a partir de um sistema solar (PEREIRA E. B., 2006).

O mapa apresentado na Figura 2 demonstra como a radiação solar diária é distribuída nas regiões brasileiras.



Figura 2. Radiação Solar Anual por Regiões no Brasil
Fonte: (ATLAS Solarimétrico do Brasil, 2000).

1.1. OBJETIVOS

O trabalho tem por finalidade tratar um estudo de caso sobre a energia fotovoltaica aplicada a piscicultura. Para tanto, abordamos concepções relativas à atual matriz energética brasileira com enfoque para a Região Norte do País.

1.1.1. Objetivo Geral

O principal objetivo é realizar um estudo de viabilidade técnica e econômica de um sistema fotovoltaico aplicado a um empreendimento de piscicultura no estado do Tocantins.

1.1.2. Objetivos Específicos

Para a projeção e instalação do sistema de energia solar, ligado a rede elétrica, foram considerados os seguintes objetivos específicos:

- Identificar a demanda energética no local do estudo;
- Identificar e avaliar as tecnologias disponíveis no mercado;
- Elaborar o sistema de geração;
- Realizar estudo de viabilidade econômica com a mensuração do Payback e Valor Presente Líquido.

1.2. METODOLOGIA

Para a execução do estudo, antes de tudo, fez-se uma pesquisa exploratória na área que será instalado o sistema, localizada do interior do Estado do Tocantins, no município de Tocantinópolis- TO. Foi realizado uma pesquisa documental e bibliográfica sobre os assuntos a serem abordados. A Figura 3 é uma representação da região em estudo, localizada no TO.



Figura 3. Mapa da região em estudo.
Fonte: (Google Earth, 2017).

Nessa sequência, empregou-se a coleta de dados do consumo de energia elétrica da região (kWh/mês), foram obtidos os níveis de irradiância da descrita área em estudo. Dados estes, coletados primeiramente pelo Google Maps (Google Maps, s.d.), e logo em seguida no SunData (CRESESB, 2016).

Tomando-se como base uma pesquisa documental, assumiram-se métodos de avaliação do sistema fotovoltaico em si para a área em questão. Com estudos relacionados ao tema, e as técnicas conhecidas, é possível avaliar o projeto por meio de análise das áreas separadamente, como: custo do kWh da região, técnicas viáveis ao estudo, classificação dos painéis fotovoltaicos, eficiência e preço dos mesmos, dimensionamento de inversores, níveis de irradiação solar na região, área a ser ocupada pelos painéis.

Por fim foi realizado um estudo referente a viabilidade econômica de implementação do sistema para atender o respectivo consumo. Para isto, foi avaliado o cálculo de indicadores como Payback e Taxa Interna de Retorno (TIR). Estes indicadores são a base para analisar se o projeto é viável ou não em relação a seu Custo-Benefício, levando em conta seu tempo de retorno do investimento inicial.

1.3. SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE ELÉTRICA (SFCR)

O Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede normalmente é considerado como forma de geração distribuída de energia elétrica, isso porque contribui com o fornecimento de energia junto aos consumidores conectados à rede elétrica (BITTENCOURT & BASSACO, 2013).

Além dos módulos fotovoltaicos que transformam a energia do sol em corrente contínua, o sistema contém inversores que transformam corrente contínua em alternada, tornando a tensão e a frequência compatíveis com a rede elétrica local (BITTENCOURT & BASSACO, 2013).

O maior benefício desse sistema está no fato de não precisar de um banco de baterias e nem controladores de carga, devido ao fato da potência ser liberada diretamente na rede. Por esse fator, o sistema possui um valor menor em sua implantação, além de ocupar uma área relativamente menor. Por não precisar de baterias, diminui as chances de poluição ocasionadas por estes componentes, tendo em vista que os mesmos são danosos ao meio ambiente (BITTENCOURT & BASSACO, 2013).

Esse tipo de sistema permite ainda que sejam feitos dois tipos de instalações elétricas conectadas a rede. Essas instalações são caracterizadas de acordo com a forma que elas são instaladas:

- 1) De forma integrada a uma edificação: instalam-se os painéis na área disponível da estrutura em questão;
- 2) De forma centralizada: como em uma usina convencional, onde se têm potências maiores, centralizadas em locais afastados dos consumidores (BITTENCOURT & BASSACO, 2013).

Na Figura 4, está representado como funciona um Sistema Fotovoltaico conectado a rede elétrica.

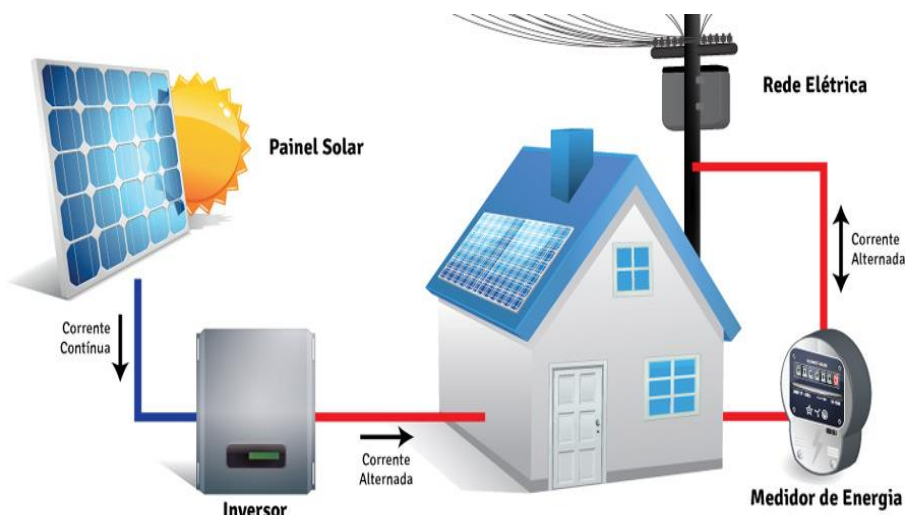


Figura 4. Funcionamento de um Sistema Fotovoltaico integrado à rede.
Fonte: (Real Solar, 2016)

1.3.1 Componentes do sistema fotovoltaico

Um sistema fotovoltaico conectado à rede é formado basicamente por painéis solares, inversor e medidor.

- **Painel fotovoltaico**

Os painéis são formados por um agregado de células fotovoltaicas. As células produzem, em geral, uma média de $0,5 V_{cc}$ sendo necessária associá-las em série adquirindo um maior nível de tensão. Os módulos variam na sua forma de acordo com os fabricantes, sendo conveniente escolhê-los a partir das especificações requeridas em seu sistema fotovoltaico. Os módulos quando associados, em série ou em paralelo são chamados de painéis fotovoltaicos (LUQUE & HEGEDUS, 20102).

O módulo tem como função, além de compor a associação de células, proteger as mesmas das intempéries, isolá-las eletricamente de contatos exteriores e fornecer rigidez mecânica ao conjunto (LUQUE & HEGEDUS, 20102).

A Figura 5 ilustra o Painel Fotovoltaico.



Figura 5. Painel Fotovoltaico.
Fonte: **(Solar Brasil, 2016)**;

- **Inversor Grid-tie**

Inversor grid-tie é um dispositivo elétrico que permite os usuários de energia solar interligar seus sistemas com a rede da concessionária. Sendo assim, o excedente de energia produzido pelos sistemas alternativos (solar e eólico) pode alimentar outros consumidores da rede da concessionária. O inversor é capaz de inverter a energia gerada pelo sistema fotovoltaico, corrente contínua (CC), para corrente alternada (CA), assegura a proteção do sistema, e mede a energia produzida pelos painéis (PORTAL SOLAR, 2017).

O funcionamento do Inversor Grid-tie está ilustrado na Figura 6, onde o mesmo faz a conversão de Corrente Contínua para Corrente Alternada, e quando interligados com a rede sincronizam a frequência e a tensão de saída, de acordo com a necessidade do sistema (MOTTA, 2013).



Figura 6. Inversor
Fonte: (SOLAR, 2017)

- **Medidores**

Os medidores fazem o balanço do Sistema Fotovoltaico Conectado a Rede da energia consumida pela instalação em si, versus a quantidade de energia fornecida à rede. Sendo tanto unidirecionais quanto bidirecionais, que fazem esse registro de consumo da rede da concessionária e energia injetada pelo sistema fotovoltaico.

O medidor de energia elétrica trifásica DTS353 trabalha com corrente de 100 A e tensão que pode variar de 110-380 vcc, com o valor de R\$ 427,23. Apresenta alta precisão de medição.

Segue na Figura 7 a representação de um medidor, este sistema é muito comum em países onde os produtores dessa energia alternativas, vendem a concessionária local o excedente de produção, e compram de volta quando o consumo aumenta (EASY, 2016).



Figura 7. Medidor
Fonte: (EASY , 2016)

1.4. MÓDULO FOTOVOLTÁICO

Os sistemas fotovoltaicos necessitam de uma tensão nominal de 12 volts. Levando em consideração que as células fotovoltaicas nos fornecem baixas tensões, aproximadamente 0,5 volts cada, se faz imprescindível a junção de várias células em série, conhecida popularmente por painel fotovoltaico. A tensão nominal de saída, e o número de células de um painel, dependem da estrutura cristalina do semicondutor utilizado (DAZCAL & MELLO, 2007).

Existe uma relação de forma geral nos painéis fotovoltaicos, entre a tensão fornecida e a corrente de saída, relação essa conhecida por curva I-V do painel (curva corrente-tensão). Nestas curvas, existe uma região onde independente do aumento de tensão, a corrente permanece inalterada. Determinada circunstância ocorre até atingir a região de transição, onde ocorrem aumentos na tensão provocando quedas na corrente, observa-se também a influência da temperatura nas curvas (GASQUET, 1997).

1.5. EFICIÊNCIA DOS MÓDULOS FOTOVOLTÁICOS

Existem alguns fatores que podem afetar as características elétricas dos módulos fotovoltaicos, como a Temperatura das Células (devem ser 25°), e a Intensidade Luminosa (pois a corrente gerada a partir do módulo varia proporcionalmente de acordo com a Intensidade Luminosa) (BRAGA, 2008).

A eficiência medida dos painéis solares é medida em condições laboratoriais, onde STC significa “condições normais de ensaio”. É necessário levar em consideração três condições padrão teste (GNOATTO, 2016):

- A Temperatura da célula solar em si deve estar em torno de 25 °C;
- A quantidade de energia que incide sobre determinada área, em um determinado momento, ou seja, a Irradiação solar deve ser de 1000 Watts m² (média da quantidade de luz que incide na superfície terrestre);
- Massa do ar tem que ser igual a 1.5, número este, difícil de medir, uma vez que é referida a quantidade de luz que tem que passar pela atmosfera terrestre antes que possa bater a superfície da Terra (GNOATTO, 2016).

1.6. TIPOS DE PAINÉIS

A seguir descrevem-se as vantagens e desvantagens de dois painéis fotovoltaicos, descrevendo suas especificações e respectivas características. Existem vários outros tipos de painéis solares, como por exemplo: Paine Solar de Filme Fino, Paine Solar Amorfo (a-Si), Paine solar de Telureto de Cádmio (CdTe).

1.6.1 Paine solar de Silício (Si) monocristalino

É a tecnologia mais antiga, e uma das mais caras existentes no mercado por usar técnicas complexas. O paine solar de silício monocristalino possui a eficiência mais alta, variando entre 14 e 21% que são produzidos por um único cristal de silício ultrapuro (PORTAL SOLAR, 2015).

Os painéis solares (mono-Si) são claramente identificáveis por possuírem cor uniforme devido a elevada pureza do silício, variando entre azul escuro ou quase preto os que possuem antirreflexo, e cinza ou azul acinzentado os que não são antirreflexos, possuem cantos arredondados. O tamanho padrão das células é de 10x10cm, 12,5x12,5cm e 15x15cm. Produzidos a partir de um único cristal puro de silício cortado em laminas individuais, que posteriormente serão transformadas em células fotovoltaicas, estão arranjadas em série e em paralelo no paine mostrados na Figura 8 (PORTAL SOLAR, 2015).



Figura 8. Painei Fotovoltaico Monocristalino
Fonte: (PORTAL SOLAR, 2015)

No Quadro 1 é possível visualizar algumas vantagens e desvantagens do painei monocromático em relação aos demais painéis, o que se faz necessário na hora da escolha da tecnologia a ser implementada.

Quadro 1 – Vantagens x Desvantagens da utilização do painei solar monocristalino.

| Vantagens | Desvantagens |
|--|--|
| Eficiência mais alta dentre as tecnologias comercialmente viável | São mais caros |
| Por conter alta eficiência, necessitam de menos espaço para gerar mesma quantidade de energia elétrica | Desperdício na produção, tendo então então que ser recolhido |
| Vida útil maior que 30 anos | |
| Em condições de pouca luz, funcionam melhor do que painéis policristalinos | |

Fonte: Elaboração Própria (2016)

1.6.2. Painel solar de Silício (Si) policristalino

Conhecido como polisilício (p-Si) e silício multi-cristalino (mc-Si), foi introduzido no mercado em 1981. É constituído também por silício, contendo apenas um diferencial na fundição dos cristais em relação ao monocristalino, que são fundidos em um bloco, preservando então a formação de múltiplos cristais, por isso o nome “poli cristalino” (PORTAL SOLAR, 2015).

Os painéis são identificados por suas cores azul (com antirreflexo) e cinza prateado (sem antirreflexo). Sua eficiência média varia de 13 a 16,5%, tem sua forma quadrada, e possui as seguintes dimensões: 10x10cm, 12,5x12,5cm, 15x15cm. Possui o mesmo desempenho e tempo de degradação dos painéis monocristalinos, em contrapartida são mais baratos, por ter maior facilidade na sua produção. (PORTAL SOLAR, 2015)

A figura 9 representa um painel de Silício Policristalino, bastante utilizado por ser mais barato que o Monocristalino.



Figura 9. Painel Fotovoltaico Policristalino
Fonte: (PORTAL SOLAR, 2015)

No Quadro 2 é possível visualizar algumas vantagens e desvantagens do painel solar policristalino em relação ao painel monocristalino, o que se faz necessário na hora da escolha da tecnologia a ser implementada.

Quadro 2 - Vantagens x Desvantagens da utilização do painel solar policristalino.

| Vantagens | Desvantagens |
|---|--|
| Gera menos silício residual no processo de corte em relação ao monocristalino | Menos eficiente em relação aos monocristalinos. Possui eficiência entre 13 e 16,5% |
| Mais baratos do que os painéis monocristalinos | Gera menos watts por hora por m ² |
| Vida útil maior que 30 anos | Necessita de maior área de painéis para gerar a mesma quantidade de watts/m ² que o monocristalino. |

Fonte: Elaboração Própria (2016)

2. PROPOSIÇÃO DO SISTEMA DE ENERGIA SOLAR

Neste capítulo será abordado o estudo feito na região em questão, qual a área do empreendimento, quais as atividades exercidas na chácara, o dimensionamento dos painéis e inversores, e o cálculo da área que será utilizada.

2.1. CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA

A chácara selecionada para esse estudo está localizada no município de Tocantinópolis, interior do Tocantins, ela dispõe de uma área total de 15,634 ha, com perímetro total de 3.845,05 m. A casa principal dos moradores detém de uma área construída de 12x22 m.

A Figura 10 ilustra a chácara em estudo.



Figura 10. Chácara Três Irmãos
Fonte: Elaboração Própria (2017)

Atualmente, os residentes são um casal de idosos, com idades entre 60 e 70 anos, ambos se mantêm apenas da aposentadoria da idosa no valor de quatro mil e duzentos reais, e da ajuda dos seus três filhos no valor de quatro mil e oitocentos reais mensais, sendo investido mais de 50% do mesmo em benfeitorias no local, destes, 20% é destinado a tarifa elétrica.

A propriedade atualmente é um local de lazer da família, sendo os filhos do casal também investidores na propriedade, em especial nas produtivas. A Figura 11 mostra como a aposentadoria da idosa e os investimentos dos filhos do casal são divididos, confirmando que a maior parte do benefício é destinado ao pagamento da tarifa elétrica representando 20% do seu orçamento, outros 17% é destinado a ração dos peixes, galinhas e porcos, 12% fica destinado para alimentação e despesas referentes a casa. Os proprietários disponibilizaram as receitas do empreendimento para a efetivação dos cálculos.

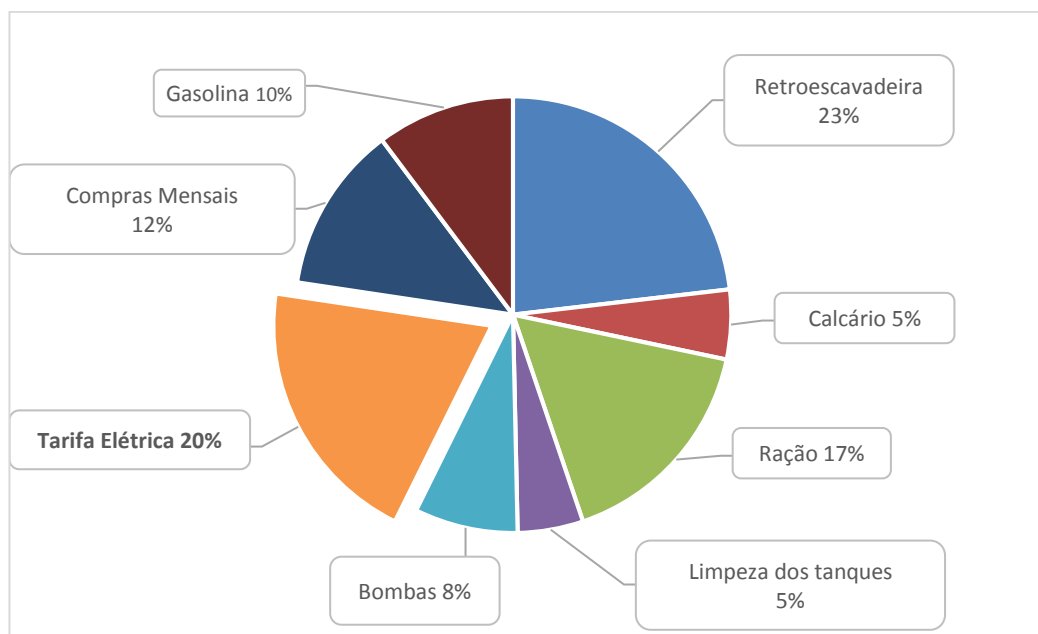


Figura 11. Divisão dos gastos com atividade produtiva.
Fonte: Elaboração Própria

O casal saiu da cidade grande onde residiram a maior parte de sua vida, para o sossego de uma cidade de interior. Em uma das entrevistas realizadas, surgiu o questionamento do porque o interesse em fazer um investimento no local, e a resposta foi que a família (filhos, netos e bisnetos) visam usufruir e dar continuidade com o negócio. Os três filhos do casal investem em benfeitorias no local e auxiliam nos gastos com piscicultura, visto que os mesmos possuem condições financeiras favoráveis para tal investimento.

Além da piscicultura que é a principal fonte de renda existente no local, os donos começaram a ampliar suas atividades econômicas como criação de aves, suinocultura, e cultivo de grãos, atividades estas que não influenciam na tarifa de energia. Verifica-se que a unidade consumidora utiliza bastante energia elétrica, sendo a conta de luz um dos maiores custos do orçamento familiar, conforme visto na Figura 11.

Foi feito um desenho ilustrativo da área no CAD SketchUp, para melhor entendimento da região estudada, com o objetivo de auxiliar e facilitar o dimensionamento da área tendo como objetivo a instalação do sistema. As Figuras 12 e 13 mostram o trabalho realizado no CAD.



Figura 12. Vista Lateral da Chácara projetada no SketchUp.
Fonte: Elaboração Própria (2016)

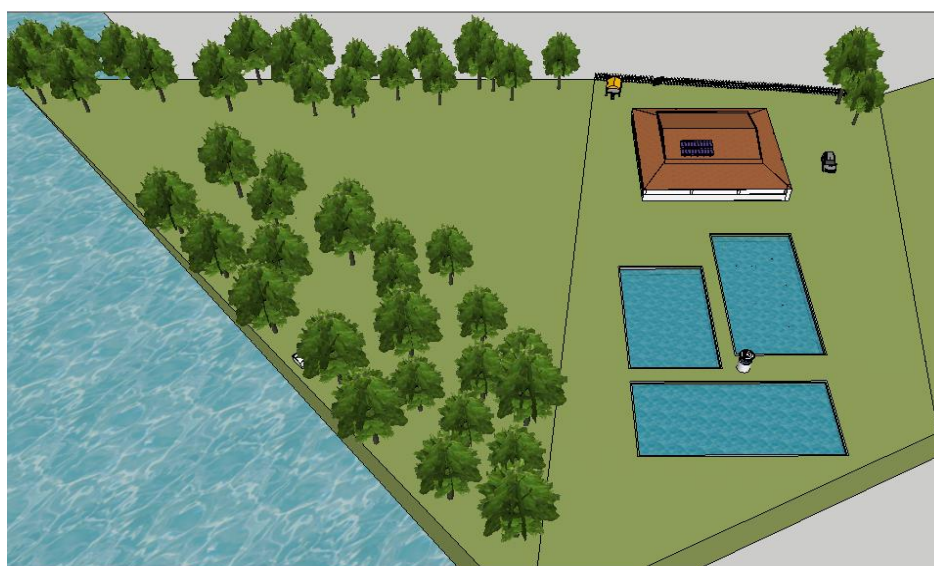


Figura 13. Vista Superior da Chácara projetada no SketchUp.
Fonte: Elaboração Própria (2016)

A chácara dispõe de oito tanques de peixes com dimensões variadas (Vide Tabela 1), ambos possuem a mesma capacidade de abrigar, em torno de mil e quinhentos alevinos em cada um. Esta atividade vem contribuindo para auxiliar no orçamento da família. O período de inserção até o ponto de retirada para a venda, varia de seis a oito meses, não sendo necessária nenhum investimento, a não ser a alimentação dos mesmos durante este período. Ao retirar os alevinos para o abate deve-se fazer uma limpeza de todos os tanques, e a cada retirada e inserção de novos

alevinos deve-se fazer a manutenção necessária, para isto o empreendimento tem um custo que varia conforme a quantidade de tanques. Uma tabela foi criada e adicionada ao final do presente trabalho para elucidar todos os gastos com o empreendimento (Apêndice A).

A Tabela 1 representa as dimensões dos tanques utilizados na atividade de piscicultura:

Tabela 1. Dimensionamento dos tanques de peixes

| Tanque | Largura | Comprimento | Profundidade |
|-----------------|----------------|--------------------|---------------------|
| Tanque 1 | 12 m | 22 m | 1,90 m |
| Tanque 2 | 12 m | 25 m | 1,70 m |
| Tanque 3 | 12 m | 25 m | 1,70 m |
| Tanque 4 | 12 m | 22 m | 1,90 m |
| Tanque 5 | 12 m | 22 m | 1,70 m |
| Tanque 6 | 12 m | 25 m | 1,70 m |
| Tanque 7 | 12 m | 25 m | 1,90 m |
| Tanque 8 | 12 m | 22 m | 1,70 m |

Fonte: Elaboração Própria (2016)

2.2. DEMANDA ENERGÉTICA DA CHÁCARA

Como citado anteriormente, a chácara Três Irmãos dispõe de várias atividades as quais geram fonte de renda para os proprietários. Para manter a atividade descrita acima, a família reclama da tarifa de energia paga para a companhia da região, a qual obteve um aumento do preço do kWh significativo no ano de 2015, para R\$0,36802, segundo dados da ANEEL (ENERGISA, 2016).

Por meio de entrevistas realizadas com os moradores da região, foi identificado que devido às condições geográficas, o Estado do Tocantins evidencia condições favoráveis suficientes para investir em energia solar. Com o intuito de diminuir o gasto com energia elétrica, e auxiliar os proprietários, foi feito um estudo técnico para verificar a viabilidade de um sistema de geração de energia renovável.

Verificou-se que a conta de luz fornecida pelos proprietários da residência. Verifica-se que o consumo médio mensal da Chácara Três Irmãos é de aproximadamente 1558 kWh, conforme Figura

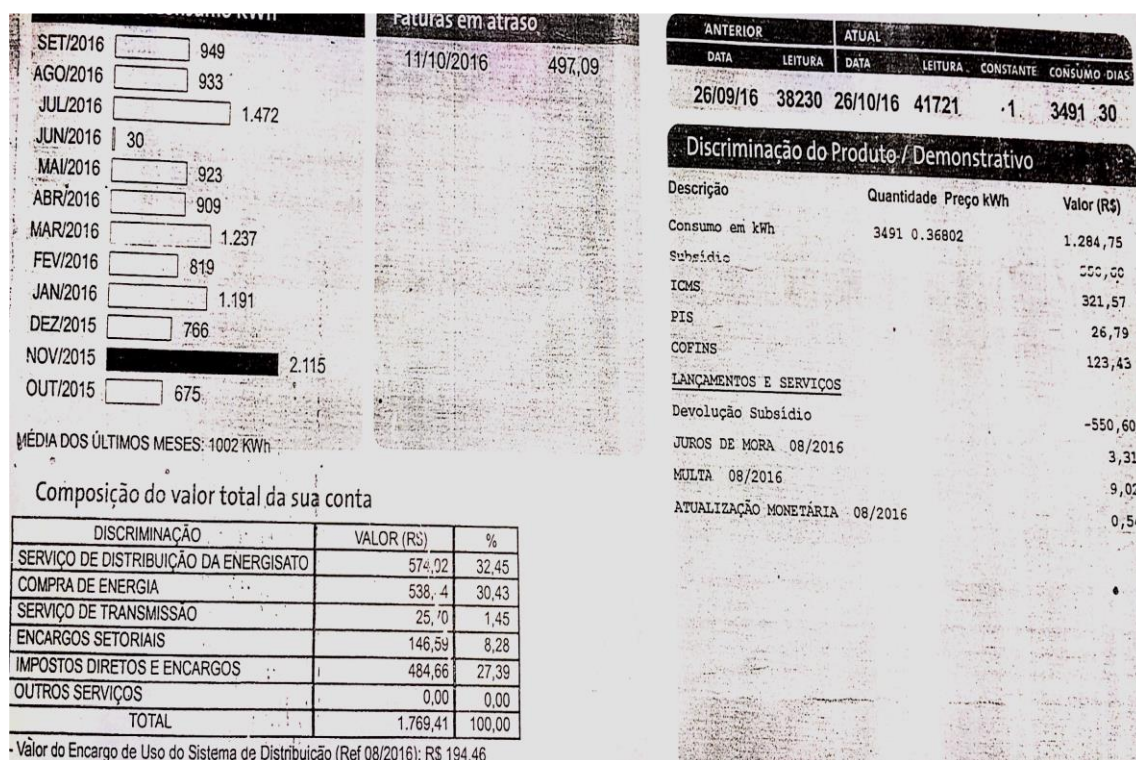


Figura 14. Conta de Luz da Residência
Fonte: Adaptada (2017)

2.3. SISTEMA DE ENERGIA SOLAR (PROPOSIÇÃO)

Para calcular o dimensionamento das placas a serem utilizadas, foi feita a coleta de dados em sites de fabricantes distintos, onde o fabricante do material disponibiliza todos os dados relevantes dos painéis. Para o estudo, utilizou-se as referências de painéis que suprem as necessidades da chácara, considerando sempre o custo e as especificações técnicas dos equipamentos, suficientes para suprir a demanda.

A quantidade de irradiação solar varia de acordo com a localidade onde se tem interesse de instalar o sistema. Para isto, nos subcapítulos seguintes iremos discutir e analisar dados obtidos por meio de pesquisas para que esta instalação seja realizada utilizando as melhores tecnologias, e melhor aproveitamento do recurso solar.

O empreendimento dispõe de oito tanques de alevinos, e demonstram interesse de aumentar esse número para dez nos próximos anos. Os tanques estão localizados

a 200m do riacho de abastecimento dos mesmos com um desnível de 10m. Para que se efetive a atividade utilizam uma bomba de 3 cavalos, e uma bomba de 5 cavalos no intervalo de tempo de doze horas cada uma respectivamente. O sistema de geração de energia será utilizado durante o dia, horário em que a bomba de maior potência é utilizada para o abastecimento de água para os taques, está em funcionamento. No presente momento estão em funcionamento apenas oito tanques, porém o sistema foi dimensionado para suprir a necessidade de dez tanques.

2.3.1. Dimensionamento dos painéis

Para obtenção de dados como latitude e longitude da região em estudo, utiliza-se a tecnologia Google Maps (Google Maps, s.d.). A partir deste estudo, obteve-se dados como longitude de 47° 42' 30.7" Oeste e latitude de 6° 32' 47.8" Sul da cidade de Imperatriz- MA, cidade muito próxima ao município de Tocantinópolis. Não foi possível utilizar a localização precisa onde o estudo será realizado, pois as ferramentas de buscas de localizações, não compreendem o Município. Fazendo-se necessária a busca de dados na cidade mais próxima, a qual o CRESESB associa em seu utensílio de busca.

A Figura 14 mostra os dados obtidos pelo site do CRESESB (CRESESB, 2016., s.d.). As referências de latitude são utilizadas como ângulo de inclinação do módulo fotovoltaico. Como mostra a Tabela 2 e a Figura 11.

Tabela 2. Irradiância solar média diária

| Ângulo | Inclinação | Irradiação solar diária média mensal [kWh/m².dia] | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--------------|---|------|------|------|------|------|------|---------|------|------|---------|------|-------------|
| | | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ag o | Set | Out | No v | Dez | Med |
| Plano Horizontal | 0° N | 4,31 | 4,25 | 4,56 | 4,50 | 4,97 | 5,17 | 5,58 | 5,94 | 4,83 | 4,83 | 4,83 | 4,89 | 4,89 |
| Ângulo igual a latitude | 16° N | 4,18 | 4,18 | 4,55 | 4,59 | 5,18 | 5,46 | 5,88 | 6,14 | 4,86 | 4,77 | 4,69 | 4,71 | 4,93 |
| Maior média anual | 20° N | 4,08 | 4,11 | 4,33 | 4,63 | 5,30 | 5,63 | 6,05 | 6,25 | 4,87 | 4,70 | 4,58 | 4,57 | 4,94 |
| Maior mínimo mensal | 6° N | 4,45 | 4,30 | 4,50 | 4,30 | 4,58 | 4,66 | 5,05 | 5,55 | 4,71 | 4,86 | 4,97 | 5,75 | 4,75 |

Fonte: Adaptado (CRESESB, 2016)

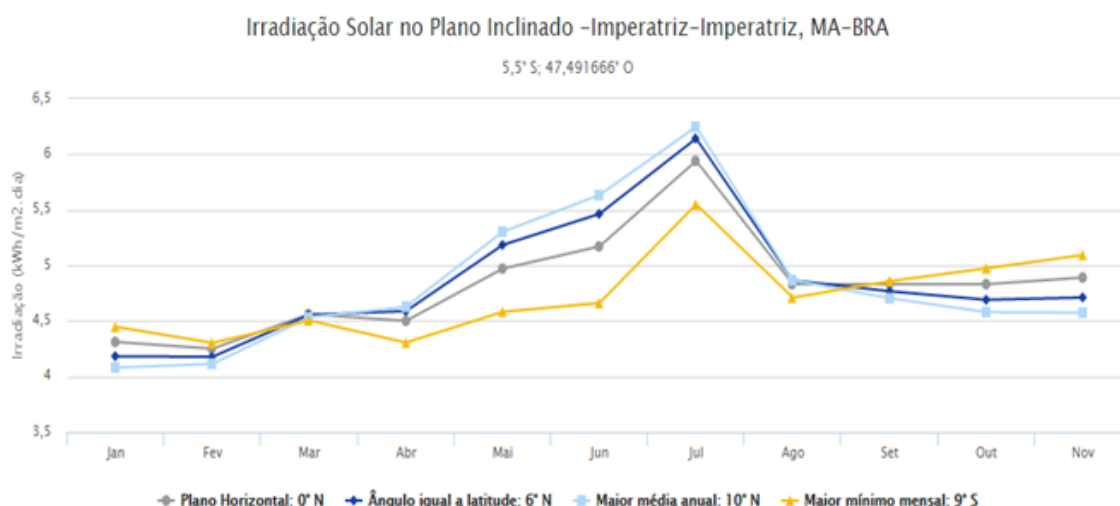


Figura 15. Gráfico de irradiação solar no plano inclinado, em relação aos meses
Fonte: (CRESESB, 2016., s.d.)

Em estudos de sistemas fotovoltaicos conectados a rede de distribuição dentro do sistema de compensação de energia, é utilizado o ângulo com a maior média diária anual de irradiação solar, com a intenção de obter a maior geração anual de energia (CRESESB, 2016., s.d.)

2.3.2. Escolha do Painel Fotovoltaico a ser utilizado

Os painéis fotovoltaicos devem ser orientados pela linha do Equador. Como a região está localizada no hemisfério Sul, os painéis devem estar direcionados para o Norte. Tendo assim um aperfeiçoamento do aproveitamento de incidência solar média.

Para sistemas conectados à rede elétrica, o principal objetivo é a geração de energia para um maior abatimento nas contas pagas a distribuidora, gerando como consequência um ganho relativo ao final do mês. A energia gerada e não consumida pelo sistema, é adicionada a rede e creditada para o consumo nos próximos meses, ou até mesmo em outra residência.

De acordo com o consumo médio mensal de energia elétrica, pode-se dimensionar o Sistema Fotovoltaico. Logo, os módulos devem suportar uma carga de aproximadamente 1552,5 kWh/mês. Na Tabela 3, encontra-se o levantamento de algumas particularidades de dois painéis fotovoltaicos, para posterior análise de qual equipamento é viável para implementação do projeto.

Tabela 3. Comparação dos tipos de painéis a serem utilizados

| Características | Painel Solar Fotovoltaico BYD 140P6-18 (140Wp) | Yingli YL250P 29b (250Wp) |
|--|---|----------------------------------|
| Tipo | Policristalino | Policristalino |
| Peso | 13 kg | 19,1 kg |
| Potência Máxima | 140 Wp | 250 Wp |
| Eficiência (η) | 13,97% | 15% |
| Dimensões | 1482 x 676 x 50 (mm) | 1650 x 990 x 40 (mm) |
| Corrente de Curto-Circuito (I_{sc}) | 8,76 A | 8,92 A |
| Voltagem de Circuito Aberto (V_{oc}) | 21,49 V | 38,4 V |
| Corrente de Máxima Potência (I_m) | 7,78 A | 8,39 A |
| Voltagem de Máxima Potência (V_m) | 18V | 30,4 V |
| Preço | R\$ 767,04 | R\$ 889,04 |

Fonte: Adaptado **(Neosolar Energia, 2016)**

O painel fotovoltaico escolhido foi da marca Yingli Solar modelo YL150-29b, apesar de ser mais caro que BYD 140P6-18 (140Wp), possui uma alta eficiência, classificado como classe A no INMETRO, se tornando assim ideal para sistemas isolados de energia solar. É importante conhecer o quanto a placa irá fornecer por mês, tendo em vista que o sistema não dispõe de baterias para o armazenamento da energia produzida.

2.3.3. Regulamentação que rege instalação de Sistemas Fotovoltaicos.

O potencial de utilização de sistemas fotovoltaicos no Brasil é muito alto. Com a aprovação da Resolução Normativa 482/2012 e posteriormente, a Resolução Normativa 687/2015, no qual estabelece a compensação energética, discorre que o consumidor pode gerar sua própria energia fundamentada em fontes renováveis, o mesmo pode também oferecer a energia que não for utilizada para a concessionária

de energia na forma de créditos, que serão consumidos em horário em que o sistema não está produzindo. Caso a energia produzida for maior que a consumida, esta pode ser utilizada por outra unidade consumidora com o mesmo CPF (Cadastro de Pessoas Físicas) ou CNPJ (Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas) da Unidade Consumidora (ANEEL , 2017).

De acordo com as normas que começaram a ter valor em primeiro de março de 2016, é consentido qualquer forma de geração de energia renovável. De acordo com as novas regras, quando a energia gerada, for superior a energia consumida, o usuário tem 60 meses para utilizar os créditos inseridos na rede, podendo ser utilizados no seu próprio estabelecimento, ou em outras unidades consumidoras que possua o mesmo titular, localizadas em outro local, porém na área de atendimento da mesma distribuidora. A utilização de créditos é conhecida como “autoconsumo remoto” (ANEEL , 2017).

Segundo a ANEEL, o crédito de energia é a energia gerada superior ao consumida pela unidade consumidora. Esse crédito gerado deve ser utilizado para abater o consumo durante os próximos 60 meses, o “crédito de energia” não deve ser revertido em dinheiro (ANEEL , 2017).

2.3.4. Estimativa de geração do sistema de energia solar

Neste subcapítulo iremos tratar diretamente de quanto de energia um painel fotovoltaico gerará em um dia, e posteriormente em um mês.

Para realização dos cálculos de energia optou-se em fazer duas estimativas, uma levando em consideração o mês que possui a menor média de irradiação, e o outro optou-se por utilizar uma média das irradiações durante o ano, com o ângulo igual a 0, de acordo com a Tabela 2 do índice solarimétrico disposto na página 34.

Na ficha de dados da placa fotovoltaica disponível pelo fabricante, já descrito no item da escolha do painel, estão dispostos os valores referentes ao valor da eficiência (η_m) e a área ocupada por um módulo (A_m).

- $\eta_m = 15,4\%$
- $A_m = 1,65 * 0,99 = 1,6335 \text{ m}^2$

Para os cálculos posteriores, utilizamos o método da Insolação:

$$E_p = E_s . A_m . \eta_m \quad (1)$$

Onde:

- E_p - Energia produzida pelo módulo diariamente [Wh/m²]
- E_s - Irradiação diária [Wh/m²dia]
- A_m - Área total do módulo [m²]
- η_m - Eficiência de conversão fotovoltaica
- E_m - Energia média mensal

Para o primeiro cálculo de energia produzida por um módulo diariamente, foi feito uma média das irradiações diárias de todos os meses do ano, no valor de 4,89 KWh/m²dia, no plano horizontal.

$$E_p = E_s \cdot A_m \cdot \eta_m \quad (2)$$

$$E_p = 4,89 \cdot 1,6335 \cdot 0,154$$

$$E_p = 1,23 \text{ kWh/dia}$$

A energia produzida por um módulo diariamente, seguindo a média mensal das irradiações diárias é 1,23 kWh/dia.

Para o segundo cálculo de energia produzida por um módulo diariamente, levou-se em consideração o mês de fevereiro que possui a menor irradiação quando seu ângulo é igual a latitude no valor de 4,18 KWh/m²dia.

$$E_p = E_s \cdot A_m \cdot \eta_m$$

$$E_p = 4,18 \cdot 1,6335 \cdot 0,154$$

$$E_p = 1,05 \text{ Kwh/dia}$$

A energia produzida por um módulo diariamente, seguindo o mês de fevereiro, onde possui o menor valor de irradiação diária é 1,05 kWh/dia.

A quantidade de energia mensal estimada a partir da utilização de um módulo, para a média mensal das irradiações diárias será de 36,9 kWh, segundo os cálculos realizados abaixo. E para o mês de fevereiro, o qual possui o menor índice de irradiância diária é de 31,5 kWh.

$$E_m = 1,23 \text{ Kwh/dia} \cdot 30 \text{ dias}$$

$$E_m = 36,9 \text{ kWh}$$

$$E_m = 1,05 \text{ Kwh/dia} * 30 \text{ dias}$$

$$E_m = 31,5 \text{ kWh}$$

Utilizando como base a média dos valores encontrados nos cálculos acima (como a média das irradiações diárias, e a utilização do mês em que a irradiação possui menor valor), encontrou-se como resultado uma energia média (E_m) no valor de 34,2 kWh/mês.

Na Tabela 4 estão elucidados os resultados obtidos para os índices de irradiações.

Tabela 4. Resultados

| Cenários | Irradiação (kWh/m ² .dia) | Eficiência (%) | Área do painel (m ²) | Energia produzida diariamente (kWh/dia) | Energia produzida mensalmente (kWh/mês) |
|---|--------------------------------------|----------------|----------------------------------|---|---|
| Média das Irradiações de todos os meses (Plano Horizontal) | 4,89 | 15,4 | 1,6335 | 1,23 | 36,9 |
| Menor irradiação (Ângulo igual a Latitude) | 4,18 | 15,4 | 1,6335 | 1,05 | 31,5 |
| Produzido por 1 módulo em 30 dias | | | | | 34,2 |

Fonte: Elaboração Própria (2017)

2.3.5. Dimensionamento dos Equipamentos

Após o conhecimento de energia produzida por um módulo fotovoltaico, a próxima variável é dimensionar a demanda mensal dos prováveis usuários da tecnologia proposta. De acordo com a quantidade produzida por um módulo e a estimativa do consumo já mencionada na página (35), assim, será possível estimar a quantidade de módulos suficiente para atender a necessidade de energia no local. Os resultados obtidos estão elucidados na Tabela 4.

Para o cálculo da quantidade de painéis, onde N_p é número de painéis:

$$N_p = \frac{E_t}{E_m} \quad (4)$$

$$N_p = \frac{1558,5}{34,2}$$

Serão necessários aproximadamente quarenta e sete painéis fotovoltaicos para suprir a demanda energética da Chácara, este cálculo foi realizado sem levar em consideração a irradiação diária mais alta, considerando apenas a média das irradiações, e a irradiação diária mais baixa. Caso se produza mais do que necessário, o excedente será inserido na rede, como forma de crédito.

- A área total A_t necessária para abrigar os painéis;
- A_m é área utilizada por um módulo;
- N_p número de painéis.

$$A_t = A_m * N_p \quad (5)$$

$$A_t = 1,6335 * 47 \text{ painéis}$$

$$A_t = 77 \text{ m}^2$$

A área necessária para abrigar os quarenta e sete painéis será de setenta e sete metros quadrados, neste dado, não foi adicionado a área necessária entre um painel e outro para a instalação e manutenção dos mesmos.

A tabela a seguir foi elaborada a partir de estimativas perante o consumo de kWh da chácara, considerado para todos os meses do ano, quanto o sistema fotovoltaico irá produzir após a instalação, variando de acordo com os dados de irradiação diária recebidas pelo módulo, disponível no CRESESB.

- Ed - Energia produzida pelo sistema com um módulo (kWh/dia);
- Es - Energia diária recebida pelo sol (KWh/m²dia), com ângulo igual a latitude;

Tabela 5. Energia mensal produzida por um módulo e pelo sistema

| Mês | Es (kWh/m ² /dia) | Ed (kWh/mês/mód) | Ed (kWh/sistema) |
|-----------|---------------------------------|---------------------|---------------------|
| Janeiro | 4,18 | 31,5 | 1.480,5 |
| Fevereiro | 4,18 | 31,5 | 1.480,5 |
| Março | 4,55 | 34,33 | 1.613,51 |
| Abril | 4,59 | 34,63 | 1.627,61 |
| Maio | 5,18 | 39,09 | 1.837,23 |
| Junho | 5,46 | 41,20 | 1.936,4 |
| Julho | 5,88 | 44,37 | 2.083,98 |
| Agosto | 6,14 | 46,33 | 2.177,51 |
| Setembro | 4,86 | 36,67 | 1.723,49 |
| Outubro | 4,77 | 35,99 | 1.691,53 |
| Novembro | 4,69 | 35,39 | 1.663,33 |
| Dezembro | 4,71 | 35,54 | 1.670,38 |

Fonte: Elaboração Própria (2017)

2.3.5.1. Dimensionamento dos Inversores

Os inversores são equipamentos que exercem a função de transformar uma corrente contínua em corrente alternada (MONHAN, 2014). Os módulos a serem utilizados geram uma tensão na forma de corrente continua (CC), ou seja, para fazer uso de equipamentos como televisões, geladeiras, freezers, motores, ou qualquer outro tipo de carga que funcione em corrente alternada, deve-se utilizar um conversor (CC/CA) (PEREIRA O. L., 2008).

Em um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica (SFCCR), o inversor serve para adequar as características da energia gerada pelos módulos às

características da rede elétrica convencional (PEREIRA O. L., 2008). O Quadro 6 contém informações referentes ao inversor que será utilizado no sistema, como peso, eficiência e preço.

A partir do consumo mensal de 1.558,5 kWh/mês, e o consumo diário de aproximadamente 51,95 kWh/dia, e a menor irradiação solar diária sendo de 4,18 kWh, o próximo passo será estimar o valor de horas de sol pleno (HSP) durante o dia, o que nos dará o número de horas por dia em que a radiação solar permanecerá constante e igual a 1000 W/m².

$$HSP = \frac{4,18 \text{ kWh m}^2}{1 \text{ kW m}^2} = 4,18 \text{ h/dia}$$

Considerando os dados do painel, tem-se que a Potência Nominal é de 250 Wp, a partir disto é possível calcular a potência diária exigida para os painéis.

$$\text{Potência} = 250 \text{ Wp} * 4,18 \text{ h} = 1045 \text{ Wh/dia} = 1,045 \text{ kWh/dia}$$

Para o sistema, foi projetada a utilização de 47 painéis. É possível encontrar a potência diária total exigida para os painéis

$$\text{Potência Total} = 1,045 * 47 = 49,115$$

$$\text{Potência Instantânea} = \frac{49,115 \text{ kWh}}{4,18 \text{ h/dia}} = 11,75 \text{ kW}$$

A partir dos dados encontrados a cima, foi possível dimensionar o inversor a ser utilizado. Foram analisados três inversores de potências diferentes, o qual o escolhido foi o que se enquadrou adequadamente ao sistema. Todas as especificações técnicas dos inversores, e seus respectivos preços, foram adquiridos no banco de dados da empresa Minha Casa Solar (MINHA CASA SOLAR , 2017). Para o projeto serão utilizados dois inversores de potência máxima de entrada de 5.000 w cada um. O inversor escolhido é da marca B&B Power e suas especificações estão presentes no Quadro 3.

Quadro 3 – Informações Técnicas do Inversor escolhido

| Parâmetros | Descrição |
|----------------------------|------------------|
| Potência Máxima de Entrada | 5000 W |
| Tensão Máxima de Entrada | 500 Vcc |
| Potência Máxima de Saída | 5200 W |
| Marca | B&B Power |
| Modelo | SF5000TL |
| Peso | 17,5 kg |
| Eficiência | 98,1% |
| Preço | R\$ 5.849,70 |

Fonte: Elaboração Própria (2017)

Tendo como base a potência máxima de entrada do inversor escolhido de 5000W, e de acordo com o calculado, a potência máxima fornecida pelo sistema é de 11,75 kW, temos:

$$N_i = \frac{P_{ts}}{P_{mi}} \quad (6)$$

Onde,

- N_i = número de inversores necessários,
- P_{ts} = potência total do sistema
- P_{mi} = potência máxima suportada pelo inversor

$$N_i = \frac{11750W}{5000W}$$

De acordo com os cálculos para a potência total demandada pelo sistema, será necessária a utilização de dois inversores, gerando um custo de 11.699,40 reais. É válido ressaltar que a vida útil dos inversores é de apenas quinze anos, enquanto que os equipamentos do sistema possuem uma duração de vinte e cinco anos, para isto serão necessários mais dois inversores para suprir a demanda do sistema.

3. ANÁLISE FINANCEIRA DO SISTEMA PROPOSTO

Uma das tarifas mais caras do Brasil obteve um aumento significativo de 10,75% na conta de energia. Este reajuste será aplicado para os consumidores residenciais do tipo (Classe B1), o que chegará a afetar 34 mil unidades consumidoras, localizadas nos 139 municípios do Tocantins (ANEEL, 2015).

3.1. ANÁLISE DO VALOR DA ENERGIA FOTOVOLTAICA A SER INSTALADA

Para o investimento inicial do projeto, foi calculado o total de placas necessárias para a instalação do projeto, o número de inversores, o medidor e o custo relativo à instalação e mão de obra, assim teremos uma base dos custos iniciais para sua implantação.

É importante considerar a vida útil dos equipamentos. O sistema fotovoltaico possui uma durabilidade de aproximadamente 25 anos, já para os inversores esse período é reduzido para 15 anos, sendo necessária a substituição dos mesmos em um período de tempo inferior ao do sistema. Diante deste cenário, é possível estimar o custo total da instalação.

Na tabela abaixo estão apresentados os custos iniciais do projeto que totalizam uma estimativa financeira de R\$ 72.608,91.

Tabela 6. Investimento Inicial do projeto

| Item | Preço Unitário (R\$) | Valor Total (R\$) |
|-----------------------|-------------------------|----------------------|
| 47 painéis | 889,04 | 41.784,88 |
| 4 Inversores | 5.849,70 | 23.398,80 |
| Medidor | 427,23 | 427,23 |
| Acessórios | 1.000,00 | 1.000,00 |
| Instalação e montagem | 6.000,00 | 6.000,00 |
| Total | | 72.608,91 |

Fonte: Própria (2017)

3.2. INDICADORES PARA ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

O presente trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade técnica e financeira para instalação de um sistema fotovoltaico. Para calcular o projeto é necessário saber seu o potencial de gerar renda, para isto utilizou-se ferramentas de análise financeira como o payback e valor presente líquido (VPL). Para os recursos a seguir, foi respeitado a taxa de 7% a.a.

Para a análise foi necessário abordar outros princípios como tarifa real da energia elétrica, de acordo com dados da companhia elétrica responsável, Energisa, no valor de 0,36802 R\$ por kWh, receitas provenientes do empreendimento (entradas e saídas), e investimentos realizados (construção dos taques, compra de bombas, despesas com razão), gasto com a implantação do projeto. Para isto foi levado em consideração a vida útil dos inversores de 15 anos, sendo necessária a troca dos mesmos, já que a vida útil das placas fotovoltaicas é de 25 anos.

3.2.1. Payback

Payback é abordado entre diversos autores, como um método de análise qualificado para esclarecer qual o intervalo de tempo necessário para resgatar a aplicação inicial. Técnica eficaz de avaliar o tempo de retorno das aplicações (Dassi, et al., 2015).

É feito uma análise do fluxo de caixa dos recursos investidos, e verificado onde o saldo da aplicação se iguala a zero. Quanto menor o tempo de retorno, menor o risco envolvido (JUNIOR & DE SOUSA, 2015).

3.2.2. Valor Presente Líquido para o Sistema Fotovoltaico (VPL)

O valor presente líquido é uma técnica sofisticada de orçamento, a qual segue a diferença entre o investimento inicial e as entradas líquidas de caixa relacionadas a aplicação (Dassi, et al., 2015). Método mais comum, utilizado por especialistas do domínio financeiro para comprovar a escolha de se investir em determinado projeto. O estudo do VPL correto, indica que o capital investido será recuperado, logo, se seu VPL for maior que zero, o investimento será benéfico do ponto de vista econômico (JUNIOR & DE SOUSA, 2015).

Ferramenta fácil de se calcular, conceituada como perfeita, considera o investimento em seu tempo atual, mostra a possibilidade de riscos envolvidos no

projeto (JUNIOR & DE SOUSA, 2015). Para o sistema em estudo, o investimento inicial, levando em consideração a taxa de instalação, e compra dos equipamentos é de R\$ 93.445,33, o que irá constituir um fluxo de caixa nos anos seguintes relativo as contas de energia elétrica que serão economizadas com o investimento.

Ao executar os cálculos necessários, e colocar em prática a metodologia discutida acima, foi identificado um Valor Presente Líquido (VPL) positivo de R\$ 134.566,85, firmando a viabilidade econômica da proposta, levando em consideração as receitas positivas advindas do empreendimento. O demonstrativo deste cálculo encontra-se presente no Apêndice.

O Payback para o investimento é de seis meses. Pelo gráfico de fluxo de caixa abaixo, é possível observar a correlação entre retorno do investido e a relação de crescimento. É válido ressaltar que o período está disposto em meses, e para o tempo 1, considera-se o mês 0, ou seja o tempo de implementação do projeto.

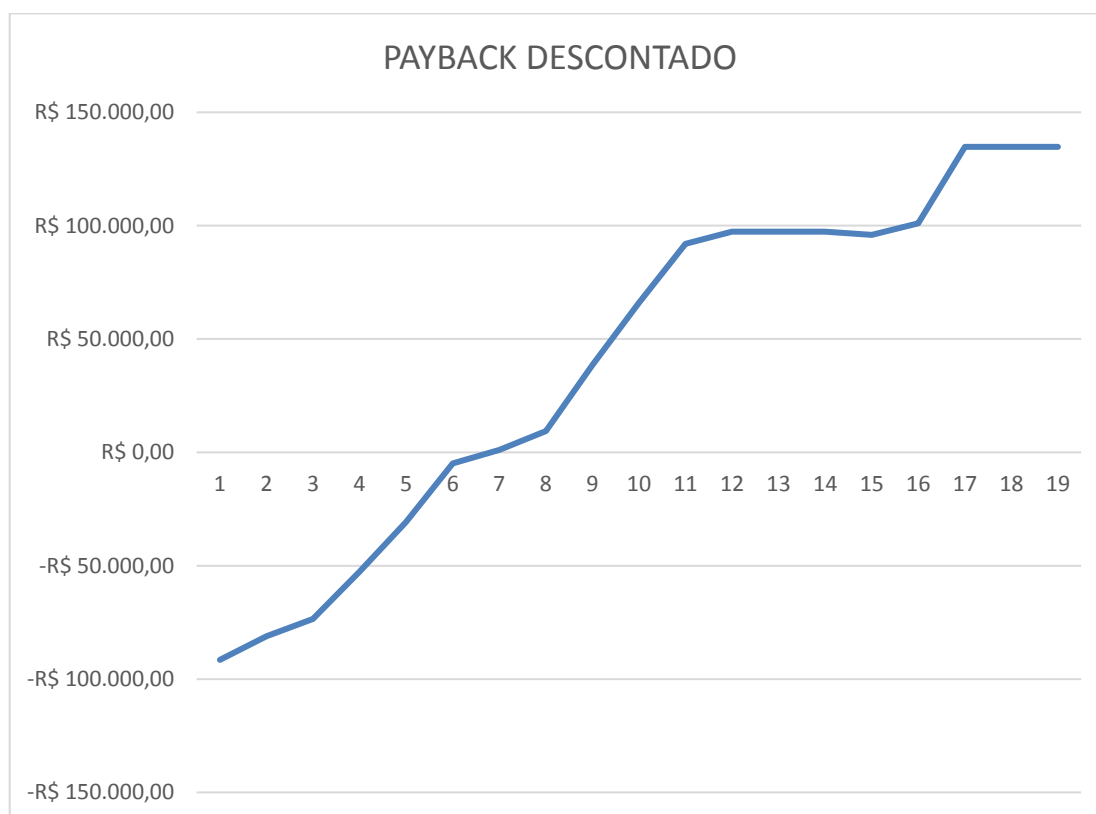


Figura 16. Payback do Investimento
Fonte: Elaboração Própria (2017)

4. CONCLUSÃO

A busca por fontes alternativas e renováveis de energia vem tomando proporções na sociedade atual. Estudos relacionados a essa área, vem crescendo de modo a buscar novos métodos para melhorar a eficiência de tal sistema e diminuição de seus impactos. Na atualidade a energia solar é responsável por parte desses avanços. O Brasil é um país privilegiado por possuir irradiação solar superior a média mundial, por este motivo aparece com vantagem nessa área. Mesmo ainda apresentando alto custo de implantação, o estudo de geração de energia gerada a partir de módulos fotovoltaicos vem se mostrando vantajoso não só no Brasil, mas no mundo inteiro.

Na resolução 482/2012 da ANEEL de 17 de abril de 2012, dispõe que o consumidor brasileiro é capaz de gerar sua respectiva energia elétrica por meio de fontes renováveis, podendo até mesmo conceder o excesso para a distribuidora local como forma de créditos.

O objetivo deste projeto foi realizar um estudo de viabilidade técnica e econômica de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) integrado a uma chácara que tem como empreendimento a piscicultura localizada no Tocantins, verificar as vantagens da aplicação. Para isto, foi feito um estudo bibliográfico sobre os temas, com ênfase na geração de energia solar proveniente de painéis fotovoltaicos, foi apresentado os tipos de módulos, inversores e medidor. Ao final realizou-se uma proposta de aplicação do sistema, e apresentado seu tempo de retorno.

Com a elaboração do estudo, obteve-se um resultado satisfatório em relação a viabilidade técnica e econômica do sistema fotovoltaico. De acordo com o cálculo do VPL e do Payback, notou-se que a implementação do mesmo é vantajosa. De acordo com os cálculos, o investimento definido no orçamento terá seu retorno em aproximadamente sete meses, espaço de tempo muito bom para o retorno, visto que os módulos solares possuem uma vida útil de vinte e cinco anos e os inversores de dez a quinze anos. O VPL é positivo, portanto o negócio é bastante atrativo, tornando o investimento viável.

A implementação do projeto fotovoltaico será de boa valia para os moradores que se encontram distantes dos centros de distribuição. Ao gerar sua própria energia elétrica, os moradores poderão investir em benfeitorias no local, ampliar e diversificar as suas atividades produtivas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- JUNIOR, F. W., & DE SOUSA, J. O. (2015). INDICADORES E TÉCNICAS PARA ANÁLISE E DECISÃO DE INVESTIMENTOS . *REVISTA CIENTÍFICA FACPED*, 61,62. (2016). Acesso em 12 de 7 de 2016, disponível em ENERGISA: <http://www.energisa.com.br/Paginas/informacoes/taxas-prazos-e-normas/bandeiras-tarifarias.aspx>
- ANEEL . (22 de 01 de 2017). Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica: http://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas/-/asset_publisher/CegkWaVJWF5E/content/geracao-distribuida-introducao-1/656827?inheritRedirect=false
- ANEEL. (2015). *Relatórios do Sistema de Apoio a Decisão - Agência Nacional de Energia Elétrica-ANEEL*. Acesso em 15 de 04 de 2016, disponível em Agência Nacional de Energia Elétrica: www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=550
- ATLAS Solarímetro do Brasil. (2000). Fonte: http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/energia_solar/3_3.htm
- BERMANN, C. (09 de 2008). CRISE AMBIENTAL E AS ENERGIAS RENOVÁVEIS. p. 1.
- BIGGI, R. R. (2013). O Uso da Luz Solar Como Fonte De Energia Elétrica Através de Sistema Fotovoltaico- SF. LAVRAS, MINAS GERAIS, BRASIL.
- BITTENCOURT, C., & BASSACO, R. L. (2013). *Estudo do Desempenho do Sistema Fotovoltaico Conectado a Rede: Estudo de Caso- Escritório Verde da Universidade Tecnológica Federal do Paraná- Campos Curitiba*. Curitiba: UTFPR.
- BRAGA, R. P. (11 de 2008). Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos e Aplicações. p. 29.
- CASARO, M. M., & MARTINS, D. C. (2010). PROCESSAMENTO ELETRÔNICO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM SISTEMAS CONECTADOS À REDE ELÉTRICA. *Revista Controle & Automação/Vol.21*, 160.
- CORRÊA, D. P. (12 de 2013). Estudo do Aproveitamento da Radiação Solar Captada por Painéis Fotovoltaicos como Geração de Energia Elétrica em Edificações no Município de CUIABÁ-MT. pp. 19,20.
- CRESESB. (s.d.). Acesso em 25 de 06 de 2016, disponível em Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>
- CRESESB. (2016). *SunData*. Acesso em 01 de 06 de 2016, disponível em CRESESB- Centro de Referência para Energia Solar e Eólica: www.cresesb.cepel.br
- CRESESB, 2016. (s.d.). Acesso em 25 de 06 de 2016, disponível em Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>

- CRESESB, 2016. (s.d.). Acesso em 25 de 06 de 2016, disponível em Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>
- Dassi, J. A., A. Z., Bagatini, F. M., Tibola, A., Barichello, R., & de Moura, G. D. (11 a 13 de novembro de 2015). Análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica em uma Instituição de Ensino Superior do Sul do Brasil. Foz do Iguaçu, PR, Brasil: XXII Congresso Brasileiro de Custos.
- DAZCAL, R. G., & MELLO, A. G. (2007). *Estudo da Implementação de um Sistema de Energia Solar Fotovoltaica em um edifício da Universidade Presbiteriana Mackenzie* (pp. 2,3). São Paulo: Instituto Presbiteriano Mackenzie.
- EASY . (2016). Acesso em 3 de 5 de 2016, disponível em AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL: <https://www.easyaut.com.br/MEDIDOR-DE-CONSUMO-DE-ENERGIA-ELETRICA-TRIFASICO-100A-110-380vca/prod-330309/>
- Economico, S. d. (2015). Panorama Setorial - Energias Renováveis. *ENERGIA SOLAR: UM NOVO CICLO DE DESENVOLVIMENTO*. BA, Brasil.
- GASQUET, H. L. (1997). Sistemas Fotovoltaicos. El Paso, Texas.
- Gaudinho, M. A., Lima, J. H., Ribeiro, C. M., & Serra, E. T. (s.d.). *O Contexto das Energias Renováveis no Brasil*. Rio de Janeiro: Cresesb. Acesso em 28 de 03 de 2016, disponível em CRESESB.
- GNOATTO, E. e. (2016). Desempenho de painel fotovoltaico de um sistema isolado. *scielo*, p. 1.
- Google Earth. (2017). Acesso em 26 de 03 de 2017, disponível em <https://earth.google.com/web/@-6.2324476,-47.55109315,220.70699597a,92438.45961908d,35y,0h,0t,0r/data=CIlaUBJKCiUweDkyZGE4NmViNDk2NzJkNzc6MHhlYWVhYWE2NWJmYTBkOWVjGReW5CWk2hjAIUQhuICGw0fAKg9Ub2NhbnRpbsOzcG9saXMYAiAB>
- Google Maps. (s.d.). Acesso em 27 de 05 de 2016, disponível em Google Maps: www.google.com.br/maps/placa/tocantinopolis,+TO
- JANNUZZI, G. D., GOMES, R. D., RAPOSO, E. P., & SHIBUYA, R. (2012). *Políticas para fontes renováveis de energia elétrica no Brasil*. Brasília, DF, Brasil: WWF.
- LUCON, O., & UHLIG, A. (28 de 10 de 2004). Energia Renovável no Brasil. 2004. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- LUQUE, A., & HEGEDUS, S. (2 de 20102). Handbook of Photovoltaic Science and Engineering. p. 48.
- MINHA CASA SOLAR . (27 de 05 de 2017). Fonte: MINHA CASA SOLAR : <http://www.minhacasasolar.com.br/produto/inversor-grid-tie-5-0kw-sem-wifi-beb-power-sf5000tl-79012>

- MONHAN. (2014). *Ned. Eletrônica de Potência : Curso Introductório*. Editora LTC.
- MOTTA, E. M. (01 de 2013). Análise de Custo para implantação de um projeto elétrico residencial popular, utilizando energia sustentável e um inversor grid tie. *Especialize*, p. 2.
- MOURA, D. (10 de 03 de 2013). *Avaliação da Matriz Energética Nacional*. Fonte: pt slideshare: <https://pt.slideshare.net/danieljp/matriz-energtica-brasileira-17087430>
- Neosolar Energia. (2016). Acesso em 15 de 06 de 2016, disponível em <http://www.neosolar.com.br/loja/painel-solar-fotovoltaico-yingli-yl250p-29b-250wp.html>
- PANORAMA COMERC. (2016). Acesso em 02 de 05 de 2016, disponível em <http://www.panoramacomerc.com.br/?cat=6&inicio=2015-05-08&fim=2015-05-19>
- PEREIRA, E. B. (2006). ATLAS BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR. Em *ATLAS BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR*. São José dos Campos: Projeto SWERA (Solar and Wind Energy Resources Assessment).
- PEREIRA, O. L. (2008). Dimensionamento de Inversores para Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica. *Revista Brasileira de Energia: Vol 14 n° 1* , 25-45.
- Portal Energia Energias Renováveis. (2 de 2013). Acesso em 16 de 04 de 2016, disponível em Energia Solar Fotovoltaica: www.portal-energia.com/energia-solar-fotovoltaica
- Portal Solar. (2014). Acesso em 18 de 03 de 2016, disponível em Solar: <http://www.portalsolar.com.br/energia-fotovoltaica.html>
- PORTAL SOLAR. (2015). Acesso em 15 de 05 de 2016, disponível em Tipos de Pannel Solar Fotovoltaico: [://www.portalsolar.com.br/tipos-de-pannel-solar-fotovoltaico.html](http://www.portalsolar.com.br/tipos-de-pannel-solar-fotovoltaico.html)
- PORTAL SOLAR. (25 de 03 de 2017). Fonte: Portal Solar: <http://www.portalsolar.com.br/o-inversor-solar.html>
- QUEIROZ, R., GRASSI, P., LAZZARE, K., KOPPE, E., TARTAS, B. R., & KEMERICH, P. D. (2013). Geração de energia elétrica através da energia hidráulica e seus impactos ambientais. *Revista Eletronica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental - REGET*, 2.
- Rabelo, L. N., Rabelo, L. N., Gurgel, J. L., Paiva, I. V., & Arruda, V. S. (16 de outubro de 2015). XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO. *ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONOMICO E FINANCEIRO DE UM PROCESSO DE AUTOMAÇÃO: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA SALINEIRA*. Fortaleza, CE, Brasil: Enegep.
- Real Solar. (2016). Acesso em 3 de 05 de 2016, disponível em Real Solar Energia Renovável do Brasil: <http://real-solar.com/como-funciona.php>

- SEKIGUCHI, P. M. (2014). Análise das barreiras para inserção da geração fotovoltaica centralizada na matriz elétrica brasileira. São Paulo: USP.
- Silva, R. M. (02 de 2015). ENERGIA SOLAR NO BRASIL: dos incentivos aos desafios. *Núcleo de Estudos e Pesquisas da Consultoria Legislativa*, p. 7.
- SOLAR. (2015). Acesso em 26 de 5 de 2016, disponível em Portal Solar: www.portalsolar.com.br/tudo-sobre-a-eficiencia-do-painel-solar.html
- SOLAR. (23 de 03 de 2017). Acesso em 5 de 5 de 2016, disponível em <http://www.portalsolar.com.br/inversor-grid-tie.html>
- Solar Brasil. (2016). Acesso em 3 de 5 de 2016, disponível em <http://www.solarbrasil.com.br/component/tags/tag/25-painel-fotovoltaico>
- TOLMASQUIM, M. T., GUERREIRO, A., & GORINI, R. (25 de 06 de 2007). Matriz energética brasileira: uma prospectiva. p. 1.

APÊNDICE A

Tabela com os investimentos iniciais em mensais do empreendimento.

| 2015 | Retroescavadeira | Calcário | Ração | Limpeza | Bombas + M | LUZ | Compras Mensais | Gasolina | SAÍDAS CASA | SAÍDAS EMPREEND. |
|-----------|------------------|----------|---------|---------|------------|----------|-----------------|----------|-------------|------------------|
| Janeiro | | | | | | | | | | |
| Fevereiro | | | | | | | | | | |
| Março | | | | | | | | | | |
| Abril | | | | | | | | | | |
| Maio | | | | | | | | | | |
| Junho | | | | | | | | | | |
| Julho | | | | | | | | | | |
| Agosto | 2.000,00 | 300,00 | 180,00 | | 1200,00 | 578,83 | 350,00 | 200,00 | 550,00 | 4.258,83 |
| Setembro | 4.200,00 | 600,00 | 360,00 | | 1500,00 | 604,57 | 330,00 | 260,00 | 590,00 | 7.264,57 |
| Outubro | 2.000,00 | 300,00 | 440,00 | | 800,00 | 489,73 | 380,00 | 280,00 | 660,00 | 4.029,73 |
| Novembro | 4.200,00 | 300,00 | 440,00 | | 600,00 | 778,37 | 450,00 | 250,00 | 700,00 | 6.318,37 |
| Dezembro | | | | | | 481,91 | 540,00 | 350,00 | 890,00 | 481,91 |
| | | | | | | | | | 3390,00 | 22.353,41 |
| 2016 | | | | | | | | | | |
| Janeiro | | | 500,00 | 200,00 | | 438,32 | 380,00 | 300,00 | 1438,32 | 938,32 |
| Fevereiro | | | 500,00 | 400,00 | | 401,45 | 280,00 | 210,00 | 1511,45 | 901,45 |
| Março | | | 480,00 | 200,00 | | 455,25 | 310,00 | 180,00 | 1315,25 | 935,25 |
| Abril | | | 500,00 | 200,00 | | 434,55 | 278,00 | 250,00 | 1384,55 | 934,55 |
| Maio | | | 500,00 | 200,00 | | 439,7 | 365,00 | 230,00 | 1369,70 | 939,70 |
| Junho | | | 470,00 | 400,00 | | 211,18 | 210,00 | 410,00 | 1491,18 | 681,18 |
| Julho | | | 500,00 | 100,00 | | 541,80 | 286,00 | 380,00 | 1521,80 | 1.041,80 |
| Agosto | | 1.260,00 | 500,00 | 200,00 | | 443,40 | 270,00 | 160,00 | 1303,40 | 2.203,40 |
| Setembro | | | 390,00 | 100,00 | | 1.284,75 | 245,00 | 210,00 | 1984,75 | 1.674,75 |
| Outubro | | | 500,00 | 200,00 | | 420,10 | 310,00 | 260,00 | 1380,10 | 920,10 |
| Novembro | | | 500,00 | 100,00 | | 480,00 | 280,00 | 190,00 | 1270,00 | 980,00 |
| Dezembro | | | 520,00 | | | 460,00 | 475,00 | 420,00 | 1400,00 | 980,00 |
| | | | | | | | | | 0,00 | |
| 2017 | | | | | | | | | 0,00 | |
| Janeiro | | | 520,00 | 100,00 | | 650,00 | 360,17 | 400,00 | 1670,00 | 1.170,00 |
| Fevereiro | | | 520,00 | 200,00 | | 631,00 | 270,00 | 260,00 | 1611,00 | 1.151,00 |
| Março | | | 520,00 | | | 517,98 | 267,00 | 288,00 | 1325,98 | 1.037,98 |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| #NOME? | 12.400,00 | 2760,00 | 8840,00 | 2600,00 | 4100,00 | 10742,89 | 6636,17 | 5488,00 | | |

Tabela com os cálculos de VPL e PayBack de acordo com as receitas e gastos do investimento.

| | RECEITAS | GASTOS | | INVESTIMENTO | FLUXO CAIXA ACUMULADO | | FLUXO DE CAIXA | PAYBACK | VPL |
|-----------|---------------|--------------|---------------|----------------|-----------------------|----------------|----------------|-----------|-----------------|
| | (A) | (B) | (A)-(B) | -R\$ 93.445,33 | | (0,59% a.a.) | | | |
| 2016 | | | | | | | | | |
| Janeiro | R\$ 3.360,00 | R\$ 1.438,32 | R\$ 1.921,68 | | -R\$ 91.523,65 | R\$ 1.910,60 | -R\$ 91.534,73 | | |
| Fevereiro | R\$ 13.440,00 | R\$ 1.511,45 | R\$ 11.928,55 | | -R\$ 79.595,10 | R\$ 10.418,86 | -R\$ 81.115,87 | | R\$ 134.655,85 |
| Março | R\$ 10.080,00 | R\$ 1.315,25 | R\$ 8.764,75 | | -R\$ 70.830,35 | R\$ 7.655,47 | -R\$ 73.460,40 | | |
| Abril | R\$ 25.200,00 | R\$ 1.384,55 | R\$ 23.815,45 | | -R\$ 47.014,90 | R\$ 20.801,34 | -R\$ 52.659,07 | | o VPL e positiv |
| Maio | R\$ 26.460,00 | R\$ 1.369,70 | R\$ 25.090,30 | | -R\$ 21.924,60 | R\$ 21.914,84 | -R\$ 30.744,23 | | |
| Junho | R\$ 31.080,00 | R\$ 1.491,18 | R\$ 29.588,82 | | R\$ 7.664,22 | R\$ 25.844,02 | -R\$ 4.900,20 | | |
| Julho | R\$ 8.316,00 | R\$ 1.521,80 | R\$ 6.794,20 | | R\$ 14.458,42 | R\$ 5.934,32 | R\$ 1.034,11 | 6 MESES E | 4 DIAS |
| Agosto | R\$ 10.920,00 | R\$ 1.303,40 | R\$ 9.616,60 | | R\$ 24.075,02 | R\$ 8.399,51 | R\$ 9.433,62 | | |
| Setembro | R\$ 35.280,00 | R\$ 1.984,75 | R\$ 33.295,25 | | R\$ 57.370,27 | R\$ 29.081,36 | R\$ 38.514,98 | | |
| Outubro | R\$ 32.760,00 | R\$ 1.380,10 | R\$ 31.379,90 | | R\$ 88.750,17 | R\$ 27.408,42 | R\$ 65.923,40 | | |
| Novembro | R\$ 31.080,00 | R\$ 1.270,00 | R\$ 29.810,00 | | R\$ 118.560,17 | R\$ 26.037,21 | R\$ 91.960,61 | | |
| Dezembro | R\$ 7.560,00 | R\$ 1.400,00 | R\$ 6.160,00 | | R\$ 124.720,17 | R\$ 5.380,38 | R\$ 97.341,00 | | |
| | | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | | R\$ 124.720,17 | R\$ 0,00 | R\$ 97.341,00 | | |
| 2017 | | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | | R\$ 124.720,17 | R\$ 0,00 | R\$ 97.341,00 | | |
| Janeiro | R\$ 0,00 | R\$ 1.670,00 | -R\$ 1.670,00 | | R\$ 123.050,17 | -R\$ 1.458,64 | R\$ 95.882,35 | | |
| Fevereiro | R\$ 7.560,00 | R\$ 1.611,00 | R\$ 5.949,00 | | R\$ 128.999,17 | R\$ 5.196,09 | R\$ 101.078,44 | | |
| Março | R\$ 39.900,00 | R\$ 1.325,98 | R\$ 38.574,02 | | R\$ 167.573,19 | R\$ 33.692,04 | R\$ 134.770,48 | | |
| Abril | | | R\$ 0,00 | | R\$ 167.573,19 | R\$ 0,00 | R\$ 134.770,48 | | |
| Maio | | | R\$ 0,00 | | R\$ 167.573,19 | R\$ 0,00 | R\$ 134.770,48 | | |
| | | | | | | R\$ 228.215,81 | | | |